

# PLASMA PROCESSOR AND PLASMA PROCESSING

Publication number: JP8222549 (A)

Publication date: 1996-08-30

Inventor(s): KADOMURA SHINGO +

Applicant(s): SONY CORP +

Classification:

- international: C23C16/50; C23F4/00; H01L21/302; H01L21/3065; H05H1/46; C23C16/50; C23F4/00; H01L21/02; H05H1/46; (IPC1-7): C23C16/50; C23F4/00; H01L21/3065; H05H1/46

- European:

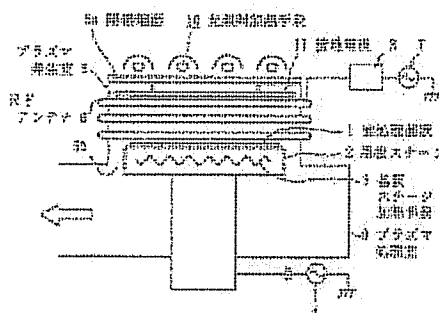
Application number: JP19950028526 1995021 6

Priority number(s): JP19950028526 1995021 6

Abstract of JP 8222549 (A)

PURPOSE: To provide a device and a technique for uniformly and anisotropically etching a hard-to-etch material having low vapor pressure of reaction products, such as, Cu and Pt, at a practical, etching rate and without causing residuals.

CONSTITUTION: A target substrate 1 is heated by light-irradiation heating means 10 on a flat closed end surface 5a of a plasma generating chamber 5, while the target substrate 1 is processed by inductive coupling plasma excited by an RF antenna 6. A ground electrode 11 may be provided in the closed end surface 5a. Thus, the aforementioned purpose is achieved by high-density plasma and short-time heating of the substrate, without causing element deterioration, such as, re-diffusion and oxidation. This effect can be thoroughly exhibited by controlling the temperature of the target substrate to a real process temperature or less by substrate stage heating means 3. This effect may be employed for plasma CVD.



Data supplied from the *espacenet* database — Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-222549

(43)公開日 平成8年(1996)8月30日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/3065			H 0 1 L 21/302	B
C 2 3 C 16/50			C 2 3 C 16/50	
C 2 3 F 4/00			C 2 3 F 4/00	G
				A
H 0 5 H 1/46		9216-2G	H 0 5 H 1/46	L
審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全8頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願平7-28526

(22)出願日 平成7年(1995)2月16日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 門村 新吾

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

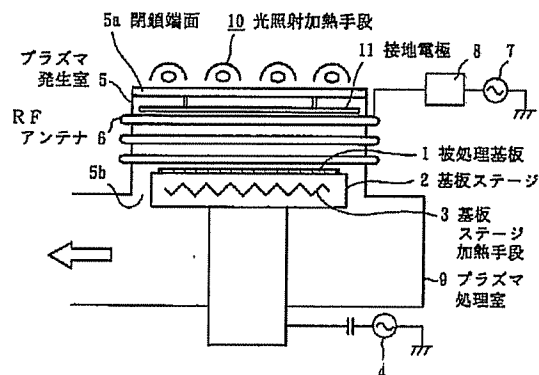
(54)【発明の名称】 プラズマ処理装置およびプラズマ処理方法

(57)【要約】

【目的】 CuやPt等、反応生成物の蒸気圧が小さい難エッチング材料を実用的なエッチングレートで、残渣をとまわずに均一に異方性エッチングする装置および方法を提供する。

【構成】 被処理基板1を、プラズマ発生室5の平坦な閉鎖端面5a上の光照射加熱手段10で加熱しつつ、RFアンテナ6で励起した誘導結合プラズマによりプラズマ処理する。閉鎖端面5a内に接地電極11を配設してもよい。

【効果】 高密度プラズマと、短時間の基板加熱により、再拡散や酸化等の素子劣化を伴うことなく、上記目的が達成できる。基板ステージ加熱手段3により実プロセス温度以下に被エッチング基板を制御しておけば、この効果は徹底される。プラズマCVDに用いてもよい。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 誘電体材料からなり、開放端面と、略平坦な閉鎖端面を有する円筒の外周にRFアンテナを巻回したプラズマ発生室と、

前記プラズマ発生室の前記開放端面に接続するとともに、被処理基板を載置した基板ステージを内部に配設したプラズマ処理室を具備するプラズマ処理装置であって、

前記プラズマ発生室の前記閉鎖端面外側の前記被処理基板を臨む位置に、前記被処理基板への光照射加熱手段を配設したことを特徴とする、プラズマ処理装置。

【請求項2】 基板ステージには、基板ステージ加熱手段を更に有することを特徴とする、請求項1記載のプラズマ処理装置。

【請求項3】 RFアンテナの外周に隣接して、さらに磁界発生手段を有することを特徴とする、請求項1記載のプラズマ処理装置。

【請求項4】 プラズマ発生室の閉鎖端面内側に沿って、光照射加熱手段の照射光の少なくとも一部が透過しうる接地電極を配設することを特徴とする、請求項1記載のプラズマ処理装置。

【請求項5】 請求項1ないし4いずれか1項記載のプラズマ処理装置により、被処理基板の少なくとも被処理面を光照射加熱しつつプラズマ処理を施すことを特徴とする、プラズマ処理方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は半導体装置の製造プロセス等で使用するプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法に関し、更に詳しくは、反応生成物の蒸気圧が小さい難エッチング材料層のエッチング等に使用して好適なプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】LSI等の半導体装置の高集積度化が進み、そのデザインルールがハーフミクロンからクォータミクロンのレベルへと微細化されるにともない、内部配線のパターン幅も縮小されつつある。従来より半導体装置の内部配線材料として多結晶シリコンやAl系金属が多用されてきたが、かかる配線幅の縮小により、配線抵抗の増大による信号伝播の遅延や各種マイグレーション耐性の劣化が問題となっている。これを材料面から解決する方法として、Cu金属やAl-Cu合金、Al-Si-Cu合金等の低抵抗材料を採用する動向がある。

【0003】また近年、次世代LSIに用いる誘電体材料として、チタン酸鉛[PbTiO<sub>3</sub>]、PZT[Pb(Zr, Ti)O<sub>3</sub>]やPLZT[(Pb, La)(Zr, Ti)O<sub>3</sub>]等の強誘電体薄膜を応用する提案がなされている。すなわちこれら材料の強誘電性を利用しDRAMのメモセルとして、またMISトランジスタのゲート絶縁膜に用いたMFSトランジスタとして、ある

いは分極反転のヒステリシスを利用した大容量不揮発性メモリへの展開、さらには焦電性を利用した赤外線センサの作成等が報告されている。これら強誘電体デバイスの実用化へは、特性にすぐれた強誘電体薄膜の形成方法もさることながら、強誘電体薄膜への電極パターニング方法についても検討の余地が大きい。従来より強誘電体薄膜上の電極材料としては、特性の安定性の観点からPt金属を用いるのが一般的である。

【0004】これらCu系金属やPt金属をパターニングして微細な電極や配線を形成する場合には、ハロゲン系ガスを用いた反応性プラズマエッチングによる高選択比、高異方性かつ低ダメージの加工を施すのであるが、これら金属のハロゲン化合物は蒸気圧が小さく、すなわちエッチングレートも小さいので、難エッチング金属と呼称されるほどである。

【0005】これら難エッチング金属のハロゲン系反応生成物の昇華を促進しエッチングレートを向上するため、例えばCu金属層を有する被処理基板を加熱しつつ加工する方法が第36回応用物理学関係連合講演会(1989年春期年会)講演予稿集p570、講演番号1p-L-1に報告されている。すなわちヒータを内蔵した基板ステージを有する平行平板型RIE装置により、CCl<sub>4</sub>とN<sub>2</sub>との混合ガスを用いて、被エッチング基板を350℃以上に加熱しながら反応性イオンエッチングを行うことにより、残渣やアンダカットのない異方的エッチングが達成されたとしている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記手法による難エッチング金属層のパターニングによっても、実用的なエッチングレートが十分に確保できない問題点があった。また基板加熱を基板ステージに内蔵したヒータのみに依存しているため、昇温時間が長くなり、エッチング開始前からヒータ加熱を開始する必要があった。このため反応生成物の昇華に必要とする時間以上の長時間にわたり被エッチング基板を加熱することとなる。この結果、予め半導体素子が形成された半導体基板の不純物拡散領域の再拡散や、エッチングチャンバ内の残留酸素による配線材料層の酸化等、デバイス劣化の問題があらたに発生する。

【0007】そこでさらに、平行平板型RIE装置の上部電極上から被処理基板に向けて赤外光を照射しつつCl<sub>2</sub>ガスを用いてCu金属層をパターニングする方法が第41回応用物理学関係連合講演会(1994年春季年会)講演予稿集p607、講演番号31a-ZF-4に提案された。この報告によれば、メカニズムは必ずしも明確にされていないが、赤外光を照射することにより実用的なエッチングレートが得られたとしている。

【0008】ところで、平行平板型RIE装置は使用圧力領域が10<sup>1</sup>Pa台、磁界を併用したマグネトロンRIE装置に比べても10<sup>0</sup>Pa台と比較的高い。このた

め、イオン等の活性種が被処理基板に入射する際の斜め入射成分が多く、特に8インチ以上の大口径基板においてはマイクロウェーブ効果等により処理の不均一やサイドエッチング等を招き易い。

【0009】さらに、プラズマエッチング以外にもプラズマCVDの分野では堆積膜中に原料ガス中のカーボンや塩素等の不純物が少なく、緻密で均一な膜質のCVD膜が求められる。この目的のためには原料ガスの解離効率がよく、効率的な基板加熱が必要である。

【0010】本発明は上述した諸問題点を解決することを目的とし、CuやPt等ハロゲン元素との反応生成物の蒸気圧が小さな難エッチング性の被処理層に対しても、実用的なエッチングレートを確保しつつ微細なパターンを形成できるプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法を提供することを課題とする。

【0011】本発明の他の課題は、被処理基板全面にわたり均一なプラズマ処理が得られるプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法を提供することである。

【0012】また本発明の別の課題は、エッチング残渣やアンダーカットのない、異方性形状にすぐれた上記プラズマ処理装置およびプラズマ処理方法を提供することである。

【0013】さらに本実施例の別の課題は不純物含有量が少なく、緻密で均一な膜質のプラズマCVD膜の形成を可能とするプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法を提供することである。

【0014】さらにまた本発明の別の課題は、難エッチング金属を電極配線材料として用いた半導体等のデバイスにおいて、不純物拡散層の再拡散や配線材料の酸化、あるいは強誘電体材料の変質を防止し、各種特性の劣化のないパターンニングを可能とするプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法を提供することである。本発明の上記以外の課題は、本願明細書中の記載および添付図面の説明により明らかにされる。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明のプラズマ処理装置は、上述の課題を解決するために発案したものであり、石英等の誘電体材料からなり、開放端面と略平坦な閉鎖端面を両端に有する円筒の外周にRFアンテナを巻回したプラズマ発生室と、このプラズマ発生室の開放端面に接続するとともに被処理基板を載置した基板ステージを内部に配設したプラズマ処理室を具備するプラズマ処理装置であって、このプラズマ発生室の閉鎖端面外側の被処理基板を臨む位置に、被処理基板への照射加熱手段を配設したことを特徴とするものである。この照射加熱手段としては、インコヒーレントな連続スペクトル光であるタングステンハロゲンランプ、輝線スペクトルを有するXe-Hgランプ、コヒーレント光であるレーザー光やSR光等を例示できるが、汎用性を考慮するとハロゲンランプを複数個使用し、被処理基板を一括照射

することが望ましい。単一波長光源を用いる場合には、被処理基板への吸収係数の大きい波長の光源を選択することが望ましい。またレーザー光源を用いる場合には、レーザービームを移動あるいは走査して均一加熱することが望ましい。レーザー光源の場合には被処理基板を局部的に加熱して選択的プラズマ処理を施すことも可能である。

【0016】本発明のプラズマ処理装置のプラズマ発生室の閉鎖端面は、略平坦な形状のため、耐圧の観点からは閉鎖端面部を肉厚に形成することが望ましい。略平坦という語の意義は、完全な平面形状の他に、極くゆるやかな曲面で形成する場合も包含するものとする。すなわち、照射加熱手段の光線の屈折が被処理基板の均一加熱に悪影響を及ぼさない限り、閉鎖端面は極くゆるやかな曲面であってもよい。

【0017】本発明のプラズマ処理装置は、照射加熱手段に加えて基板ステージの加熱手段を補助的に有することが望ましい。

【0018】また本発明のプラズマ処理装置は、RFアンテナの外周に隣接して、さらに磁界発生手段を有してもよい。

【0019】さらに本発明のプラズマ処理装置は、プラズマ発生室の閉鎖端面内側に沿って、赤外線照射光の少なくとも一部が透過しうる接地電極を配設してもよい。この接地電極は、光透過率を向上するためにメッシュ状に形成することが望ましい。メッシュ状という語の意義は、グリッド状、パンチングメタル状あるいはハニカムコア状の形状を含むものであってもよい。

【0020】本発明のプラズマ処理方法は、上述したプラズマ処理装置を用いて被処理基板の少なくとも被処理面を照射加熱しつつ、プラズマ処理を施すことを特徴とするものである。

【0021】

【作用】本発明のプラズマ処理装置のポイントは、誘導結合プラズマ処理装置あるいはこれに磁界を併用したヘリコン波プラズマ処理装置の装置構造に着眼し、これら装置に照射加熱手段を具備させた点にある。

【0022】従来より提案されている誘導結合プラズマ処理装置あるいはヘリコン波プラズマ処理装置は、ドーム状の石英ベルジャの周囲にRFアンテナを巻回したプラズマ発生室構造を有するので、照射加熱手段の設置スペース、とりわけ複数個のタングステンハロゲンランプの設置スペースはこのドーム曲面が邪魔して確保が困難であった。また石英ベルジャのドーム部分のレンズ作用により、照射光が屈折されて均一な被処理基板加熱が妨げられる場合があった。本発明においては、プラズマ発生室を開放端面と略平坦な閉鎖端面を有する円筒形状とし、この平坦な閉鎖端面の外側に照射加熱手段を配設することにより、この照射加熱手段の設置スペースを確保するとともに、照射光の屈折を抑えた均一な照射加熱を可能としたのである。

【0023】光照射加熱手段による被処理基板の加熱は、被処理面側からの急速加熱が可能のため、不要な長時間の基板加熱は防止でき、被処理基板の変質を回避できる。その上に基板ステージの加熱手段を併用し、被処理基板が変質しない程度の温度に予備加熱しておけば、実際のプラズマ処理温度における基板加熱時間はさらに短縮できる。

【0024】本発明のプラズマ処理装置は、基本的には誘導結合プラズマ処理装置、ないしはこれに磁場を併用したヘリコン波プラズマ処理装置であるので、 $10^{-1}$  Pa台の高真空領域下での高密度プラズマ処理が可能である。このため被処理基板への入射イオンの斜め入射成分が低減し、マイクロローディング効果やサイドエッチングのない均一なプラズマ処理が可能であるとともに、実用的なエッチングレートの確保が可能である。

【0025】プラズマ発生室の略平坦な閉鎖端面にの内側に沿って、接地電極を配設することにより、基板バイアスを印加する基板ステージに対して接地電位位置を明確にとることが可能となり、これも被処理基板に対する垂直イオン入射成分の増加に寄与する。接地電極は、光照射加熱手段の光を可及的に効率よく透過する必要があるため、例えばメッシュ状電極とすることが望ましい。接地電極全体の外形は、電界強度分布の観点から平板状が望ましいが、本発明のプラズマ処理装置のプラズマ発生室の閉鎖端面は略平板状であるので、かかる平板状の接地電極の配設には好適である。

【0026】

【実施例】以下、本発明の具体的実施例につき添付図面を参照しながら説明する。

【0027】実施例1

本実施例は、まず本発明の請求項1、2および4を適用したプラズマ処理装置の構成例につき、図1に示す概略断面図を参照して説明する。この装置は誘導結合プラズマによるプラズマ発生室と、タングステンハロゲンランプによる光照射加熱手段を具備した構成を有する。上記誘導結合プラズマ発生源は、石英またはアルミナ等誘電体材料からなり、一例として350mm径の円筒状プラズマ発生室5を巻回するRFアンテナ6、このRFアンテナ6にマッチングボックス8を介して電力を供給するRF電源7等から成る。プラズマ発生室5の開放端面5bには、被処理基板1を載置した基板ステージ2を内部に配設したプラズマ処理室9を接続する。基板ステージ2は、抵抗加熱等による基板加熱手段3を内蔵し、基板バイアス電源4を接続する。

【0028】本プラズマ処理装置の特徴の一つは、プラズマ発生室5の閉鎖端面5aが肉厚で略平坦な形状を有し、この閉鎖端面の外側であって被処理基板1を臨む位置に光照射加熱手段10を有する点である。光照射加熱手段10は、複数個、例えば4個のタングステンハロゲンランプと光反射板により構成する。複数個のタングス

テンハロゲンランプは、均一加熱の観点から被処理基板1の中心軸に対し、軸対象に配列することが望ましい。なおプラズマ発生室5の閉鎖端面5aは光照射窓の機能を持たせるものであるから、プラズマによる粗面化や堆積物による内面の曇りを防止するため、開閉可能なシャッターや不活性ガスブロー手段、窓加熱手段等を別途付加してもよい。これらは発光分光分析等における光透過窓の曇り防止手段として公知であるので、詳細な説明は省略する。

【0029】同プラズマ処理装置の他の特徴は、プラズマ発生室5の閉鎖端面5aの内側に沿って、接地電極11を配設した点である。接地電極11は光照射加熱手段10からの照射光が透過できるように例えばメッシュ状に形成するとともに、その外形は平板状あるいは円板状に形成する。なお同図においてはエッチングガス導入孔、真空ポンプ、ゲートバルブ等の装置細部は図示を省略する。

【0030】かかる構成をとることにより、被処理基板1を基板加熱手段3でプロセス温度以下の比較的低温に予備加熱するとともに、光照射加熱手段10による一括照射により急速かつ均一に加熱することができる。また接地電極11を配設したことにより、基板ステージ2に印加する基板バイアスに対し明確な接地電位位置を確保でき、被処理基板1に対する垂直入射イオン成分を増加することが可能である。また大型のRFアンテナ6により、プラズマ発生室5内に高密度プラズマを発生し被処理基板に対し均一で高いレートのプラズマ処理を施すことができる。

【0031】つぎに本発明のプラズマ処理方法につき、上述のプラズマ処理装置を用いたPt金属層のプラズマエッチングを例にとり、図3(a)～(c)を参照して説明する。

【0032】本実施例で採用した試料は、図3(a)に示すようにシリコン等の半導体基板21上にPLZT等の強誘電体材料層22をスパッタリングにより形成し、さらにPt金属層23、 $\text{SiO}_2$ 等からなる無機系材料マスク層24およびレジストマスク25をこの順に順次形成したものである。半導体基板21上に下層の電極層等が形成されていてもよい。なおPt金属層23の厚さは例えば700nm、無機系材料マスク層24の厚さは100nmであり、ともにスパッタリングで形成する。またレジストマスク25はノボラック系ポジ型レジストとi線ステッパ露光でパターンニングし、そのパターン幅は0.5 $\mu\text{m}$ である。

【0033】次にレジストマスク25をマスクに無機系材料マスク層24をエッチングして無機系材料マスク層24パターンを形成し、レジストマスク25をアッシングないしはウェット剥離して除去する。無機系材料マスク層24は薄いので、0.5 $\mu\text{m}$ 幅のパターン転写は正確におこなわれる。図3(b)に示すこの段階まで形成

した試料を被処理基板とする。

【0034】この被処理基板1を図1に示す誘導結合プラズマ処理装置の基板ステージ2上に載置し、一例とし

$S_2Cl_2$	20 sccm
$NH_3$	10 sccm
ガス圧力	0.13 Pa
RF電源パワー	2500 W (13.56MHz)
基板バイアス電源パワー	300 W (13.56MHz)
基板ステージ加熱温度	400 °C
光照射加熱手段電源パワー	500 W

なお光照射加熱手段電源パワーは、4個のタングステンハロゲンランプの合計パワーである。

【0035】Ptの塩化物は難昇華性ではあるが、上記エッチング過程においては $Cl^+$ とPtとの反応生成物 $PtCl_x$ が $Cl^+$ 、 $SCl_x^+$ や $NH^+$ 等の高密度のイオン照射を受けてスパッタ除去される。これは、詳細なエッチング機構は不明ではあるが、光照射を受ける被処理基板1の表面温度は、基板ステージ2の加熱温度400°Cより高くなるので、 $PtCl_x$ はスパッタの効果との相乗効果により速やかに昇華除去されるものと考えられる。また同時に $S_2Cl_2$ の解離によりプラズマ中に生成するイオンと $NH_3$ との反応生成物である $NH_4^+$ がパターン側壁に付着して（図示せず）ラジカルのアタックから側壁を防御し、サイドエッチングを防止する。接地電極11の存在も異方性加工に寄与する。この結果、基板ステージ加熱手段のみにより被エッチング基板を400°Cに加熱する従来のプロセスと比較しても、2倍以上のエッチングレートである100nm/minの異方性エッチングが被処理基板1全面に均一に達成される。エッチング終了後のPt金属層23パターンは、図3(c)に示すようにPt金属の残渣は観察されなかった。

【0036】本実施例によれば、光照射加熱手段10と接地電極11およびプラズマ発生室閉鎖端面5aが略平坦な誘導結合プラズマ処理装置との相乗効果により、従来困難であったPt金属層の異方性加工が高エッチングレートで達成された。

【0037】実施例2

本実施例は本発明の請求項1、2および3を適用したプラズマエッチング装置により、Cu金属層をパターンニングした例である。まず本実施例によるプラズマ処理装置の概略構成例につき図2を参照して説明する。

【0038】図2に示すプラズマ処理装置は、基本的な装置構成は図1に示した誘導結合プラズマ処理装置と類似しているので、同一構成要素には同一の参照番号を付してその説明は一部省略し、主な相違点のみを説明する。本プラズマ処理装置が先に説明した誘導結合プラズマ処理装置と相違する部分は、RFアンテナ6の更に外周には磁界発生手段としてのソレノイドコイルアセンブリ12を、プラズマ処理室9の周囲にはマルチポール

て下記条件によりPt金属層23のプラズマエッチングをおこなう。

$S_2Cl_2$	20 sccm
$NH_3$	10 sccm
ガス圧力	0.13 Pa
RF電源パワー	2500 W (13.56MHz)
基板バイアス電源パワー	300 W (13.56MHz)
基板ステージ加熱温度	400 °C
光照射加熱手段電源パワー	500 W

磁石13をそれぞれ配設した点である。この構成をとることにより、RFアンテナ6により励起される電界とソレノイドコイルアセンブリ12による磁界との相互作用によりプラズマ発生室5にはヘリコン波が発生し、被処理基板1に対する高密度プラズマ処理が可能となる。なおソレノイドコイルアセンブリ12はヘリコン波の伝播に寄与する内周コイルと、発生したヘリコン波プラズマの輸送に寄与する。マルチポール磁石13はプラズマ処理室9内の発散磁界を制御するものである。本プラズマ処理装置のプラズマ発生室5の直径は、一例として250mmである。

【0039】本プラズマ処理装置の特徴は、プラズマ発生室5の閉鎖端面5aが肉厚で略平坦な形状を有し、この閉鎖端面の外側であって被処理基板1を臨む位置に光照射加熱手段10を有する点である。なお本プラズマ処理装置においては、被処理基板へのイオン入射角度はマルチポール磁石13によってもある程度制御可能であるので接地電極は装備していないが、もちろんこれを装備してもよい。

【0040】以上の装置構成により、被処理基板1を基板加熱手段3で比較的低温に予備加熱するとともに、光照射加熱手段10による一括照射により急速かつ均一に加熱することができる。また大型のRFアンテナ6とソレノイドコイルアセンブリ12により、比較的高真空下においてプラズマ発生室5内に高密度プラズマを発生し、被処理基板1に対し均一で高いレートでのプラズマ処理を施すことができる。

【0041】つぎに本発明のプラズマ処理方法につき、上述のプラズマ処理装置を用いたCu金属層のプラズマエッチングを例にとり、図4(a)～(c)を参照して説明する。

【0042】本実施例で採用した試料は、図4(a)に示すようにシリコン等の半導体基板（図示せず）上に $SiO_2$ 等からなる層間絶縁膜26をCVDにより形成し、さらにTi/TiNからなる密着層兼バリア金属層27、Cu金属層28、 $SiO_2$ 等からなる無機系材料マスク層24およびレジストマスク25をこの順に順次形成したものである。層間絶縁膜26には図示しない接続孔が形成され、これも図示しない半導体基板に形成された不純物拡散層等の能動層と密着層兼バリア金属

層27やCu金属層がオーミックコンタクトを形成している構造であってもよい。なお各層の厚さは密着層兼バリア金属層27は下層のTiと上層のTiNは各々50nm、Cu金属層28は500nm、無機系材料マスク層24は100nmであり、いずれもスパッタリングないし反応性スパッタリングにより形成する。またレジストマスク25は化学増幅型レジストとKrFエキシマレーザステッパでパターンニングし、そのパターン幅は0.35μmである。

【0043】次にレジストマスク25をマスクに無機系

SiCl<sub>4</sub>

Cl<sub>2</sub>

N<sub>2</sub>

NH<sub>3</sub>

ガス圧力

RF電源パワー

基板バイアス電源パワー

基板ステージ加熱温度

光照射加熱手段電源パワー

20 sccm

20 sccm

20 sccm

10 sccm

0.13 Pa

2500 W (13.56MHz)

100 W (13.56MHz)

200 °C

500 W

なお光照射加熱手段電源パワーは、4個のタングステンハロゲンランプの合計パワーである。

【0045】上記プラズマエッチング工程においては、まずCu金属層28表面に存在する自然酸化膜（図示せず）がNH<sub>3</sub>の還元作用により除去される。Cuの塩化物は難昇華性ではあるが、Cl<sup>+</sup>とCuとの反応生成物であるCuCl<sub>x</sub>がCl<sup>+</sup>、SiCl<sub>x</sub><sup>+</sup>やNH<sub>3</sub><sup>+</sup>等の高密度のイオン照射を受けてスパッタ除去される。これは、詳細なエッチング機構は不明ではあるが、光照射を受ける被処理基板1の表面温度は、基板ステージ2の加熱温度200°Cより高くなるので、CuCl<sub>x</sub>はスパッタの効果との相乗効果により速やかに昇華除去されるものと考えられる。また同時にSiCl<sub>4</sub>とN<sub>2</sub>との反応生成物でSiCl<sub>x</sub>N<sub>y</sub>が形成されたパターン側壁に付着して（図示せず）ラジカルからの攻撃から側壁を防御し、サイドエッチングを防止する。この結果、基板ステージ加熱手段のみにより被エッチング基板を加熱する従来のプロセスに比較しても、2倍以上のエッチングレートが達成される。エッチング終了後のCu金属層28パターンは、図4(c)に示すようにCu金属の残渣は観察されなかった。なお無機系材料マスク層24はこの後に別途除去してもよいし、そのまま残して上層の層間絶縁膜の一部として利用してもよい。

【0046】本実施例によれば、光照射加熱手段10と、プラズマ発生室閉鎖端面5aが略平坦なヘリコン波プラズマ処理装置との相乗効果により、従来困難であったCu金属層の異方性加工が高エッチングレートでしかも均一に達成された。

【0047】以上、本発明を2例の実施例により説明したが、本発明はこれら実施例に何ら限定されるものではない。

材料マスク層24をエッチングして無機系材料マスク層24パターンを形成し、レジストマスク25をアッシングないしはウェット剥離して除去する。無機系材料マスク層24は薄いので、0.35μm幅のパターン転写は正確におこなわれる。図4(b)に示すこの段階まで形成した試料を被処理基板とする。

【0044】この被処理基板1を図2に示すヘリコン波プラズマ処理装置の基板ステージ2上に載置し、一例として下記条件によりCu金属層28および密着層兼バリア金属層27を連続してパターンニングする。

20 sccm

20 sccm

20 sccm

10 sccm

0.13 Pa

2500 W (13.56MHz)

100 W (13.56MHz)

200 °C

500 W

【0048】例えば、光照射加熱手段としてタングステンハロゲンランプを例示したが、メタルハライドランプやXe-Hgランプ、赤外線レーザ等を用いてもよい。但し輝線スペクトルや単色光源、あるいはコヒーレント光源よりは、インコヒーレントな連続スペクトル光源の方が被エッチング基板の加熱の均一性はよい。

【0049】基板ステージの加熱手段として抵抗加熱ヒータを例示したが、シリコンオイル等熱媒体を循環して加熱してもよい。He等熱伝導ガスを被エッチング基板裏面に供給すれば熱交換効率や加熱の均一性の向上に寄与する。

【0050】プラズマ処理としてプラズマエッチングの例を採り上げて説明を加えたが、プラズマCVDとして用いてもよい。例えば、TEOSによるSiO<sub>2</sub>やSiOF等の形成、WF<sub>6</sub>によるW層の形成、TiCl<sub>4</sub>によるTiNの形成、あるいはSiH<sub>4</sub>/NH<sub>3</sub>やSiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>/NH<sub>3</sub>によるSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>の形成が例示される。これらのプラズマCVDにおいて、活性種や中間生成物を制御することにより、膜質を緻密化したり、不純物を低減することが可能である。

【0051】またプラズマエッチングの対象としてCu金属とPt金属を例示したが、他にAu、Ag、Pd、Ni等ハロゲン化物の蒸気圧の小さな金属や、これら難エッチング金属を含む合金や化合物、例えばAl-Cu合金、Al-Si-Cu合金、Cu酸化物系高温超電導材料、RuO<sub>2</sub>電極等のパターンニングに用いて残渣のないエッチングが可能である。もちろん難エッチング材料のみに限らず、通常の被エッチング層のパターンニングに用いてもよい。

【0052】エッチングガスとしてBCl<sub>3</sub>、CCl<sub>4</sub>、HCl、PCl<sub>3</sub>、S<sub>3</sub>Cl<sub>2</sub>、SCl<sub>2</sub>等各種

C1系ガスやF系ガス、Br系ガス、I系ガスをエッチング対象材料に応じて選択して用いることができる。またこれらハロゲン系ガスにHe、Ar、Xe等希ガスやH<sub>2</sub>やCO、CO<sub>2</sub>等を添加してもよい。

#### 【0053】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明のプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法によれば、反応生成物の蒸気圧が小さい難エッチング性金属を含む材料層を実用的なエッチングレートで均一性よくパターンニングすることができる。またエッチング残渣を発生することがない。プラズマCVDに適用した場合には、ソースガスの解離効率が向上するので、活性種や中間生成物の制御が可能となり、デポジションレートや膜質の向上が達成される。

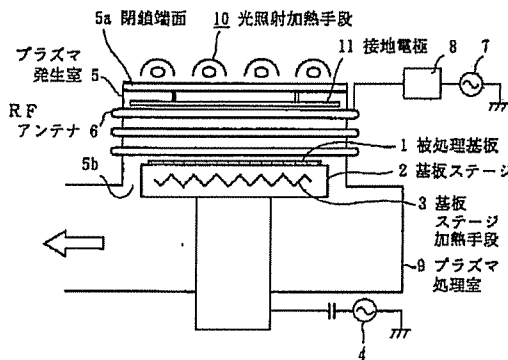
【0054】被処理基板の基板加熱はタングステンハロゲンランプ等により極く短時間で昇温できるので、昇温時間が短縮される。このためスループットの向上が図れるのみならず、不純物拡散層の再拡散や、残留酸素による酸化等によるデバイス劣化を防止できる。上記効果は、基板ステージを抵抗加熱ヒータ等で実プロセス温度より低い温度で、すなわちデバイス劣化のない範囲の温度で加熱制御しておけば、より一層徹底される。

【0055】上記効果により、低抵抗の電極や配線を有する半導体装置や、強誘電体薄膜を用いるデバイスの電極、あるいは緻密で不純物の少ない薄膜等を信頼性高く製造することが可能となり、本発明が次世代電子デバイスの製造プロセスに与える寄与は大きい。本発明は薄膜磁気ヘッドコイルや薄膜インダクタ等の製造に利用しても多大の効果を発揮する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用した実施例1によるプラズマ処理装置の概略断面図である。

【図1】



【図2】本発明を適用した実施例2によるプラズマ処理装置の概略断面図である。

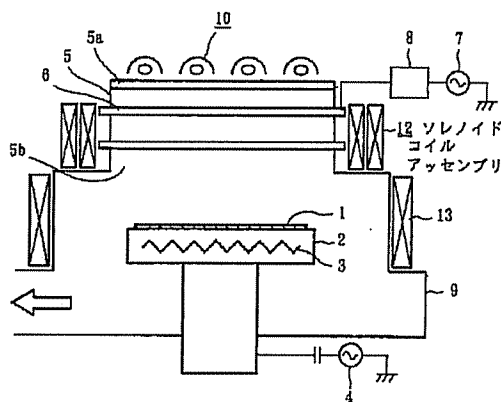
【図3】本発明を適用した実施例1のプラズマ処理方法を示す概略断面図であり、(a)は半導体基板上に強誘電体材料層、Pt金属層、無機系材料マスク層およびレジストマスクを形成した状態、(b)は無機系材料マスク層をパターンニングした状態、(c)はPt金属をパターンニングした状態である。

【図4】本発明を適用した実施例2のプラズマ処理方法を示す概略断面図であり、(a)は層間絶縁膜上に密着層兼バリアメタル層、Cu系金属層、無機系材料マスク層およびレジストマスクを形成した状態、(b)は無機系材料マスクをパターンニングした状態、(c)はCu系金属層と密着層兼バリアメタル層をパターンニングした状態である。

#### 【符号の説明】

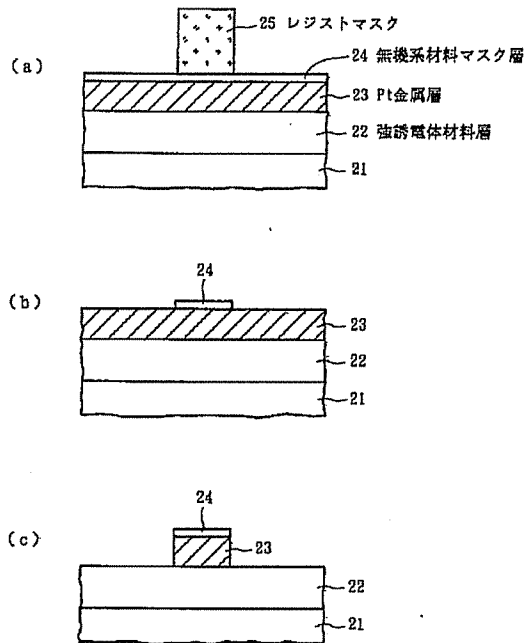
- 1 被エッチング基板
- 2 基板ステージ
- 3 基板ステージ加熱手段
- 5 プラズマ発生室
- 5a 閉鎖端面
- 5b 開放端面
- 6 RFアンテナ
- 9 プラズマ処理室
- 10 光照射加熱手段
- 11 接地電極
- 12 ソレノイドコイルアセンブリ
- 23 Pt金属層
- 24 無機系材料マスク層
- 25 レジストマスク
- 27 密着層兼バリアメタル層
- 28 Cu金属層

【図2】

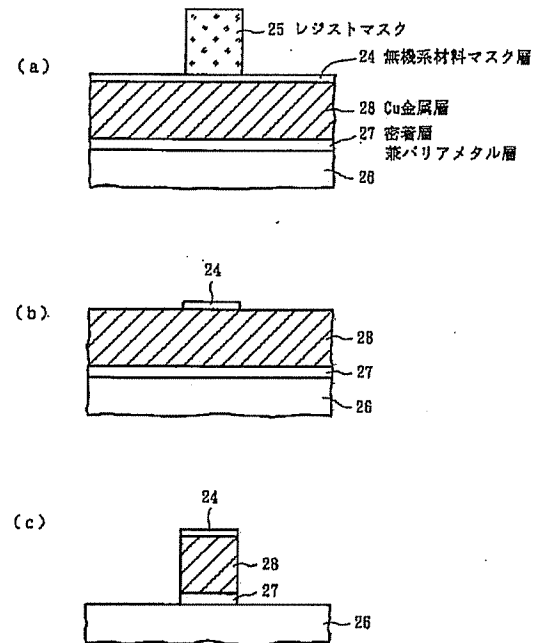




【図3】



【図4】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>6</sup>  
H05H 1/46

識別記号 庁内整理番号  
9216-2G

FI  
H05H 1/46

技術表示箇所  
A